Aus der 3. Medizinischen Universitätspoliklinik, Berlin.
(Direktor Prof. Dr. Unverricht).

Kritische Übersicht über die plethysmographischen Methoden zur Prüfung peripherer Kreislaufverhältnisse.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des medizinischen Doktorgrades
an der Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

vorgelegt von

HANS SPECHT
aus Remscheid.

Tag der Promotion: 10. 1. 1940.

1 9 4 0

DISSERTATIONS-VERLAG G. H. NOLTE DÜSSELDORF

M 425

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. ~~Sieboeck~~ Kreuz
Referent: Prof. Dr. Unverricht
Korreferent: Prof. Dr. v. Bergmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Der erste Plethysmograph wurde etwa 1660 von Jan Swammerdam konstruiert, der ihn zum Studium der Physiologie der Muskelkontraktionen benutzte. 1870 konnte Mosse mit seinem Plethysmographen als erster Volumschwankungen an den Extremitäten registrieren, die auf den wechselnden Füllungszustand der Gefäße zurückzuführen waren. Der Apparat besteht aus einem länglichen Blechbehälter, der die Extremität aufnehmen soll. Der freie Raum zwischen Arm und Wand ist mit Wasser gefüllt, die Abdichtung der Öffnung um das eingebrachte Glied erfolgt mit einem Gummiring. Am anderen Ende steht die Röhre mittels eines Gummischlauches mit einer Wasserstandsflasche in Verbindung, die zur Ausgleichung der Druckänderungen bei starken Volumschwankungen und zur Nachfüllung dient. Seitlich ist in die Wand eine kommunizierende Röhre eingelassen, die teils mit Wasser, teils mit Luft gefüllt ist und zu einer mit elastischer Membran überspannten Trommel mit Schreibhebel führt. Bleibt nun die Flasche mit dem Behälter in offener Verbindung, so werden die langsam verlaufenden Volumschwankungen der Extremität nicht registriert, da sie sich dadurch, daß Wasser in die Flasche gedrängt wird oder aus ihr zurückfließt, ausgleichen können. Die schnell verlaufenden Volumschwankungen hingegen, die jeden Herzschlag begleiten, die Volumpulse, pflanzen sich in der kommunizierenden Röhre fort, übertragen sich auf die Luftsäule in ihr und versetzen die Membran mit dem ihr aufliegenden Hebel in Schwingung, dessen Bewegungen auf einer rotierenden Trommel registriert werden. Bei dieser Anordnung handelt es sich um einen Hydrosphygmographen. Dadurch, daß die Verbindung mit der Wasserstandsflasche unterbrochen wird, hat man einen Hydro-Plethysmographen, alle Volumschwankungen werden jetzt auf die kommunizierende Röhre übertragen, aber die Membran gibt sie nur verzerrt wieder, da sie sich nicht entsprechend stark dehnen kann, wodurch der Druck im Inneren des Behälters erhöht wird. Ein hierdurch wie durch eine zu große auf dem Arm lastende Wassermenge hervorgerufener Druck komprimiert aber die oberflächlichen Venen; um letzteres auszuschalten, hat man den Behälter mit Luft gefüllt. Die Abdichtung mit einem Gummiring kann leicht stauend wirken. Der Arm muß vollständig ruhig in der Röhre gehalten werden, da jede kleinste Verschiebung in den Behälter hinein oder rückwärts eine Volumschwankung vortäuscht.

Drei Dezenien vergingen, nachdem Mosse seinen Volumschreiber konstruiert hatte, bis Lehmann ihn modifizierte, um einige grobe Fehlerquellen auszuschalten. Der Behälter für die

Extremität aus Metallblech ist von mehreren Schichten wollenen Zeugs und Watte umgeben, um Wärmeverluste des auf Körpertemperatur erhitzten Wassers an die Luft zu verhindern, darüber eine Schutzdecke aus Leinwand. Es besteht eine Verbindung zur Wasserstandsflasche. Die kommunizierende Röhre läuft dünn aus und steht durch einen Gummischlauch mit dem Schreibtambour in Verbindung. In der Metallröhre steckt ein sehr weicher, dünner Gummisack, dessen offenes Ende wasserdicht am Rande des Behälters befestigt ist. Der Arm wird in den Gummisack geschoben, dann Wasser aus der Flasche zwischen Röhre und Gummisack gelassen, der sich allseitig dem Arm anschmiegt. Der Arm wird im Ellenbogen durch ein gepolstertes Widerlager fixiert, das zusammen mit dem Behälter auf einem Brett befestigt ist, letzterer ist allerdings auf ihm verstellbar, um das Einführen des Armes zu ermöglichen. Das Ganze wird schwebend aufgehängt. Es müssen mehrere Röhren verschiedener Größe bereitgehalten werden. Durch diese Vorrichtung sollten die Bewegungen des Armes im Behälter ausgeschaltet werden, ferner war die leicht Stauung hervorrufende Abdichtung mit einem Gummiringt nicht mehr erforderlich.

Eine sehr einfache Methode zur quantitativen Erfassung von Volumschwankungen einer Extremität aus hydrostatischen Ursachen wurde 1923 von Atzler und Herbst beschrieben: Das im Knie rechtwinklig gebeugte Bein der sitzenden Versuchsperson taucht bis über die Wade in einen mit Wasser von 28—30° gefüllten Glasbehälter, dessen Lumen ungefähr die Form eines Stiefels hat. Vom Boden des Behälters geht eine geeichte kommunizierende Röhre ab, von der die Volumschwankungen abgelesen werden. Es wird darauf geachtet, daß jedesmal die gleiche Wassermenge vorhanden ist. Die mit dieser primitiven Methode an der unteren Extremität gewonnenen Ergebnisse sind kurz folgende:
Es ergaben sich Tagesvolumenschwankungen (morgens und abends gemessen) bis zu 37,0 ccm! Bei ruhigem Stehen hat das Bein in der 2. bis 3. Stunde sein größtes Volumen erreicht, welches dann abnimmt. Die durch einstündiges Stehen bedingte Volumzunahme ist nach einviertel- bis einhalbstündiger Hochlagerung des Beines wieder ausgeglichen. Nach einstündigem Gehen ist die Volumzunahme nicht so groß wie nach einstündigem Stehen. Steht die V.P. erst eine Stunde und geht dann, so erfolgt Volumabnahme. Ist die V.P. eine Stunde gegangen und steht dann, erfolgt weitere Zunahme des Volums. Bei einstündigem Stehen mit vertiefter Atmung ist die Volumzunahme geringer. Setzt die vertiefte Atmung nach einstündigem Stehen ein, so erfolgt Volumabnahme. Bei Erwärmung Volumzunahme, bei Abkühlung Verminderung des Volumens. Die registrierte Volumzunahme kann hierbei erfolgen: 1. durch Vergrößerung der Blutmenge in der Extremität, 2. durch vermehrte Lymphbildung, 3. durch vermehrte Wasserbindung der Gewebskolloide. Da die Volumzunahme erst schnell und dann

immer langsamer erfolgt, erklärt man sie sich vorwiegend physikalisch, d. h. hydrostatisch.

Uhlenbruck modifizierte 1924 Mosso's Plethysmograph, indem er die Abdichtung mit einer aufzublasenden Gummimanschette vornahm, zur Übertragung Luft an Stelle von Wasser benutzte und die Registrierung mit einem Balgschreiber (Brodieschem Balgrekorder) ermöglichte, der bei Volumschwankungen leichter nachgibt und größere Exkursionen zuläßt, als die gespannte Membran, ferner zusammen mit der Luft keinen Kompressionsdruck auf die Extremität ausübt. Um Verschiebungen des Armes im Hohlzylinder zu verhindern, wurde die ganze Einrichtung frei pendelnd angebracht. Er glaubte, folgende Feststellungen machen zu können: Alle Sinnesempfindungen der Haut, wie Kitzel, Schmerz, Wärme, Kälte, Druck, Jucken machen Gefäßkontraktionen an den Extremitäten, die sich in Volumsenkung dokumentieren. Alle Atemänderungen sowie Druck auf das Abdomen bewirken Volumverminderung an Arm und Bein.

Dessecker und Steinhausen untersuchten nun, wie es sich mit den, besonders von Uhlenbruck, aufgestellten respiratorischen Schwankungen, den Schwankungen zweiten Grades, verhält. Benutzt wurde der Plethysmograph von Lehmann. Wurde der Unterarm zum Oberarm im Ellenbogen in einem Winkel von ca. 160 gehalten und mittels Pulmotoratmung eine forcierte Atmung erzielt, so verhielten sich die plethysmographische und die gleichzeitig aufgezeichnete Atmungskurve gegenläufig, d. h. einer Steigung der Atmungskurve bei tiefer Inspiration entsprach ein starkes Fallen der plethysmographischen Kurve. Wurde nun der Winkel auf 90° verkleinert, der Unter- und Oberarm also im rechten Winkel gehalten und sonst alles belassen, so trat eine Inversion auf, dergestalt, daß nun die beiden Kurven gleichläufig waren, dem inspiratorischen Anstieg der Atmungskurve entsprach ein Anstieg der plethysmographischen Kurve. Wurde in beiden Fällen mit der Manschette des RR. plötzlich eine arterielle Drosselung vorgenommen, so änderte sich an der plethysmographischen Kurve nichts. Aus beiden Versuchen wird geschlossen, daß die respiratorischen Schwankungen zweiten Grades keine Volumschwankungen sind, die auf einen wechselnden Füllungszustand der Gefäße im Rhythmus der Atmung beruhen, sondern solche rein mechanischen Ursprungs, hervorgerufen durch Haut- und Weichteilmitbewegung bei der Atmung. Danach besteht kein Einfluß der Atmung auf den peripheren Kreislauf.

Mit folgender Methode suchen Roemer und Hoernicke (1925) die Fehlerquellen, die bei der Plethysmographie mit Mossos Gerät und seinen Modifikationen bestanden, aufzuzeigen: in den zur Aufnahme der Extremität dienenden, mit Wasser gefüllten Behälter wurden gleichzeitig wassergefüllte halbfaustgroße Gummiballons eingeführt, die durch einen Schlauch mit je einem Steig-

rohr in Verbindung stehen, und gegen die Stellen des Unterarmes gelegt, wo am ehesten Bewegungen zu erwarten waren. Die zu erwartenden Bewegungen und Volumschwankungen werden gleichzeitig mit Mareyschen Kapseln registriert, zu denen die Steigrohre hinführen. Es zeigte sich zunächst, daß eine Ruhekurve erst nach längerer Übung zu erzielen ar. Bei forcierter Atmung traten gleichzeitig rhythmische Schwankungen der plethysmographischen Kurve wie der Kontrollkurven, die die mechanischen, unwillkürlichen Mitbewegungen aufzeichnen, auf, nach arterieller Drosselung blieben die Kurven unverändert. Ebenso konnte bei psychischen Vorgängen mit der Kontrollschreibung gezeigt werden, daß sie auf reinen Bewegungen beruhen. Lehmann hatte seinerzeit in seinem Gerät ein Psychoskop zu erblicken geglaubt, mit dem man den Gemütszustand der Person diagnostizieren könne. Bei Einwirkung von Wärme auf den Unterarm stieg dagegen nur die plethysmographische Kurve, während die Kontrollkurven unverändert blieben, nach arterieller Drosselung stieg erstere nicht mehr an. Hier handelt es sich also um eine echte auf Volumschwankung der Extremität beruhende Kurve. Roemer und Hoernicke kamen so zu dem Ergebnis, daß das Armplethysmogramm bei Atmung und seelischer Erregung die unwillkürlichen und unbewußten Mitbewegungen des plethysmographierten Unterarmes und nicht die durch Änderung der Blutfülle hervorgerufenen Volumschwankungen anzeigt, daß vielmehr nur bei Einwirkung von Wärme und Kälte echte Volumschwankungen mit diesen Methoden registriert werden.

Wird, wie bei den bisher geschilderten Methoden, ein ganzes Glied umschlossen, so ist es schwer, anzugeben, ob die festgestellten Volumschwankungen auf die Gefäße der Haut oder der Muskulatur oder auf beide Gebiete zu beziehen sind, zumal nach Untersuchungen von Rein eine Wechselwirkung in der Durchblutung beider Gebiete im Sinne eines gegenseitigen Ausgleiches besteht, so daß an sich bestehende Volumschwankungen nicht registriert werden. Nimmt man dagegen nur einen Finger, der im wesentlichen nur aus Haut und Knochen besteht, so liegen hier die Durchblutungsverhältnisse viel übersichtlicher, da es nur oberflächliche Gefäße gibt. Ferner fallen Muskelverschiebungen durch unwillkürliche Bewegungen fort. Einen solchen Fingerplethysmographen beschrieb zuerst Carl A. Johnson, Chicago, 1932. Der gestreckte Finger wird in einen passenden Glasmantel gesteckt und gegen dessen offenes Ende mit einem Gummiring angedichtet. Am anderen Ende setzt ein Gummischlauch an, der zu einer graduierten Pipette mit 1 ccm Fassungsvermögen führt. Die zur Übertragung der Volumschwankungen dienende Luft bewegt einen gefärbten Alkoholtropfen in der Pipette, der mit den Volumpulsen oszilliert. Ein Tropfen Alkohol wird einem Tropfen Wasser wegen seiner geringeren Viskosität, Oberflächenspannung und seines geringeren spezifischen Gewichtes vorgezogen. Der Raum zwischen zwei Teilstrichen der Pipette beträgt 0,01 ccm. Die Oszillationen

des Alkoholtropfens werden fotografiert. Johnson untersuchte das Fingerplethysmogramm kreislaufkranker Patienten, indem er den Finger vorher in kaltes bezw. warmes Wasser steckte und dann schnell plethysmographierte. Die Volumpulskurve ist, nachdem der Finger erwärmt wurde, größer, entsprechend der Dilatationsfähigkeit der Fingergefäße. Bei einem Patienten mit Hochdruck, bei dem zunächst kein Volumpuls zu registrieren ist, schlägt die Kurve nach Wärmeapplikation deutlich aus. Bei einem Kranken mit Thrombangitis obliterans dagegen beidemale nicht. Johnson glaubt auf diese Weise funktionelle von organischen Gefäßkonstriktionen unterscheiden zu können. Nach Sympathektomie war bei einem Patienten drei Wochen lang die Volumpulskurve erheblich größer, kehrte dann aber zur Höhe vor der Operation zurück, da die Gefäße eigene periphere Nerven haben. Die Temperaturerhöhung der Haut hielt in diesem Gebiet 5 Monate an. Mit dieser Methode werden von Johnson nur Volumpulskurven in ihrer Größe miteinander verglichen, wobei es sich um reine Volumschwankungen in den Arterien handelt, die einen Puls haben. Durch Wärmeapplikation wird die Dilatationsfähigkeit der Fingerarterien geprüft. Schwankungen, die gelegentlich durch Respiration oder Bewegungen auftreten, verändern die Kurve im Ganzen, nicht aber die Pulskurve, die davon unbeeinflußt bleibt. Die Volumschwankungen des Fingers werden nicht untersucht, denn es kann bei einem erweiterten Gefäßbett mehr Blut durch den Finger fließen und dennoch die Pulskurve dieselbe bleiben.

R. H. Goetz konstruierte kurz danach einen ähnlichen Fingerplethysmographen, bei dem das Glasrohr am offenen Ende gegen den Finger durch ein zähes Vakuumfett abgedichtet wird, um Stauung zu verhindern, und am anderen Ende nach Zwischenschaltung eines Gummischlauches in eine graduierte Kapillare ausläuft. Zur Übertragung dient Wasser, das sich in der horizontal ausgerichteten Kapillare als Meniskus einstellt, der einerseits, mit dem Puls oszillierend, die Volumpulse anzeigt, andererseits aber auch die Voumschwankungen des ganzen Fingers erkennen läßt. Die Oszillationen des Meniskus werden fotografisch registriert. Durch einen Seitenhahn steht die Röhre mit einem Wasserbehälter in Verbindung, von dem aus die Füllung erfolgt und der Meniskus nach Einführung des Fingers eingestellt wird. Die Kapillare ist an ihrem freien Ende natürlich offen. Das Wasser wird vorher auf Körpertemperatur erwärmt. Ergebnisse: Die registrierte Volumpulskurve ist in ihrem Verlauf der Radialispulskurve, die mit Frank'scher Kapsel gleichzeitig aufgezeichnet wurde, sehr ähnlich und folgt ihr in einem zeitlichen Abstand von ca. $^1/_{15}$ Sec., ihre Volumschwankung beträgt 0,02—0,04 ccm, sie ist größer bei Aorteninsuffizienz, geringer bei Hypertonie. Respiratorische Schwankungen ließ das Fingerplethysmogramm bei normaler Atmung und auch bei vertiefter Atmung nicht erkennen. Atmete

dagegen die Versuchsperson Karbogengas ein (4% CO_2, 96% O_2), so trat regelmäßig eine Volumverminderung bei Inspiration ein, die Goetz auf eine vasomotorische Erregung durch vermehrten CO 2 Gehalt des Blutes bezieht, da willkürliche Atemsteigerung nicht diesen Effekt hatte. Unbestimmte Volumschwankungen, solche dritten Grades, wurden nach kreislaufändernden Einflüssen wie Atemstillstand, Valsalva, beobachtet. Lehmann führt sie auf psychische Einflüsse zurück z. B. Schreck, gespannte Aufmerksamkeit. Weber beobachtete sie auch im Schlaf. Bei einem tiefen Atemzug zeigt sich eine erhebliche Volumsenkung auf der Höhe der Inspiration oder etwas später. Bei Valsalvaschen Versuch (Steigerung des intrathorakalen Druckes durch Pressen bei geschlossener Glottis) kommt es zu einem Volumenanstieg, der aber bald unter den Ausgangspunkt zurücksinkt. Da hierbei die Volumkurve bedeutend schneller ansteigt als es bei venöser Stauung am Oberarm der Fall ist, wird auf peripher angreifende reflektorische Venenerweiterung geschlossen. Bei venöser Stauung am Oberarm (50—70 mm Hg) kommt es im Beginn zunächst zu einer Volumsenkung, die dann von einem allmählichen Volumanstieg gefolgt ist. Eine tiefe Inspiration bewirkt auch noch bei venöser Stauung, wenn die Kurve schon im Steigen begriffen war, eine Volumsenkung, woraus geschlossen wird, daß dies nicht auf inspiratorischer Ansaugung beruhen kann, da der venöse Rückfluß ja gedrosselt ist. Man könnte natürlich gerade darin eine rein mechanische Wirkung durch fortgeleitete Körperbewegungen erblicken, wie Dessecker und Steinhausen es nach arterieller Drosselung feststellten. — Nach arterieller Drosselung (140—180 mm Hg), die mittels einer Druckflasche plötzlich erfolgte, sah man eine starke Volumsenkung in den ersten 30—45 Sekunden. Sie ist geringer, wenn vorher venöse Stauung bestand. Eine konsensuelle neural bedingte Reaktion wurde daran gesehen, wenn es bei plötzlicher arterieller Drosselung des einen Armes am Fingerplethysmogramm des anderen Armes auch zu einer initialen Volumsenkung kam. Der Vorteil dieser Methode wie der von Johnson besteht darin, daß zur plethysmographischen Untersuchung ein Gebiet genommen wird, an dem einerseits keine Verschiebung von Muskelmassen zu befürchten ist, andererseits nur oberflächliche Hautgefäße vorhanden sind, deren verschiedenes Verhalten die Volumschwankungen bedingte. Während sich Johnson nur um die Volumpulskurve als solche kümmert, ohne gleichzeitig die Volumschwankungen des ganzen Fingers zu verfolgen, registriert Goetz beides gleichzeitig: die Volumkurve des Fingers setzt sich zusammen aus lauter kleinen Volumpulskurven, letztere sind der großen Kurve sozusagen aufgelagert. Der Nachteil der Methode von Goetz besteht darin, daß es sich um ein minuziöses Verfahren handelt, bei dem peinlichst jede kleinste Bewegung vermieden werden muß und die Kapillare mitsamt der ganzen Apparatur horizontal ausgerichtet sein muß.

Mit der Einführung der Dielektrographie zur Darstellung der Herztätigkeit führten Atzler und G. Lehmann 1932 ein neues Prinzip in die Plethysmographie ein. Ausgehend von der Tatsache, daß die Kapazität in einem Kondensatorfeld sich ändert, wenn ein Körper mit einer Dielektrizitätskonstanten, die von seiner Umgebung abweicht, zwischen zwei Kondensatorplatten gebracht wird, brachten sie zwei solcher Kondensatorplatten in Herzhöhe und geringem Abstand hinter und vor dem Thorax an. Die Kapazität des Kondensators wird nun beeinflußt durch Volumschwankungen des im Kondensatorfeld liegenden Herzens. Der Kondensator seinerseits liegt in einem Schwingungskreis, der induktiv erregt wird, und dessen Intensität des Mitschwingens sich entsprechend den Kapazitätsschwankungen ändert. Die Schwingungen werden gleichgerichtet und aufgezeichnet. Durch folgenden Modellversuch wurde bewiesen, daß Volumschwankungen registriert werden, die unabhängig sind von der Form des Körpers, also des Herzens, das ja bei seinen Aktionen seine Form ändert: Wurde ein Glaszylinder in ein Kondensatorfeld gebracht, in dem eine dünne Gummiblase hing, die langsam mit Wasser gefüllt wurde, so daß sie zunächst, ihrer Eigenform entsprechend, Kugelform annahm, dann durch den Widerstand der Glaswand gezwungen, Zylinderform erhielt, so zeigte sich, daß die Ausschläge proportional der Volumzunahme und unabhängig von der Form des Flüssigkeitskörpers waren, allerdings nur innerhalb einer gewissen Grenze. Um zu entscheiden, ob Lageveränderungen des Herzens bei seiner Aktion zu einer vorgetäuschten Volumänderung führten, wurde folgender Pendelversuch angestellt: Ein mit Wasser gefüllter Glaszylinder wurde hin und her durch das Kondensatorfeld geführt, es zeigte sich, daß die Ausschläge am größten waren, wenn sich der Körper im Zentrum des Feldes befand, und daß sie abnahmen, wenn er sich der Randzone näherte, um außerhalb des Feldes zu verschwinden. Um Thoraxbewegungen für die Registrierung auszuschließen, wurde der Thorax einer Versuchsperson in einen Gipsverband gelegt, wonach die Kurve unverändert blieb. Beim Vergleich der erhaltenen Kurve mit der Kammeraktion läßt sie eine diastolische und systolische Ventrikel-Phase erkennen. Während der Entleerungszeit der Ventrikel fällt sie steil, um sich in der Anfüllungszeit wieder zu erheben. Vergegenwärtigt man sich den Situs des Herzens und der zu- und abgehenden Gefäße, so erscheint es fast unmöglich, die Volumschwankungen der beiden Kammern isoliert registrieren zu können, denn erstens liegt außerdem im Kondensatorfeld hinter der linken Kammer die Aorta und zweitens geraten auch die Vorhöfe, zumal der rechte, der mit der Einmündungsstelle der Vena cava inferior dem Zwerchfell aufliegt, in seinen Bereich. Aus dem wechselnden Füllungszustand des Herzens bei Lageänderung des Körpers sowie nach körperlicher Anstrengung glaubt man Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit des Herzens ziehen zu können. Die peripheren Kreis-

laufverhältnisse werden von Atzler und Lehmann mit dem Dielektrographen nicht untersucht, es wird in der Arbeit nur angemerkt, daß auch Volumpulse an den Extremitäten mit dieser Methode aufgenommen werden können.

Dies wurde dann 1936 von Hopf, Basel, untersucht, der ebenfalls das Prinzip der Kondensatorplatten benutzt. Zwei Aluminiumplatten, $2 \times 12 \times 18$, werden senkrecht fixiert, der Arm in völliger Ruhigstellung dazwischengelegt, ohne die Platten zu berühren, Volumänderungen der Extremität bewirken Kapazitätsänderungen des Kondensatorfeldes, das in einem Schwebungskreis liegt. Die Frequenzänderungen werden entweder im Lautsprecher gehört oder nach Gleichrichtung mit einem Oszillographen registriert. Da nach Hopf's Untersuchung Formveränderungen des Armes die Kapazität des Kondensators beeinflussen, muß die Extremität absolut ruhig gehalten werden. Beim Herzen sind solche Formänderungen unvermeidlich. Mit dieser Methode wurden die Volumpulse registriert und deutliche Volumschwankungen bei bei forcierter Un- und Expiration festgestellt. Volumänderungen von 0,03—0,04 ccm werden noch angezeigt.

Wenn wir die bisherigen Ergebnisse der Messung von Volumschwankungen an Extremitäten übersehen und beurteilen, so ist im wesentlichen zu sagen, daß normalerweise während einer mehrere Sekunden dauernden kräftigen Bewegung eines fixierten Gliedes z. B. eines Fußes die Blutfülle aller äußeren muskulären Teile zunimmt, also die plethysmographische Kurve, z. B. eines Armes ansteigt. Im Tierkörper kommen Volumschwankungen nur durch Flüssigkeitsströmungen zustande, daher werden die gemessenen Volumenänderungen der Ausdruck von Flüssigkeitsströmungen sein. Hierbei kommt die überragende Bedeutung nach E. Webers Meinung in erster Linie dem zu- und abfließenden Blute zu. In einem Röhrensystem, in dem immer gleichviel Flüssigkeit ab- und zufließt, tritt beim gleichmäßigen Strömen keine Volumenänderung ein. Sie kann also nur durch Abweichungen in der Strömung zustandekommen. Wenn eine zeitlang mehr zu- als abströmt, wird das Volumen größer, fließt mehr ab, wird es kleiner. Gemessen wird die Differenz zwischen Zustrom und Abfluß. Einen Aufschluß darüber, ob eine Volumenvermehrung auf erhöhtem Zufluß oder auf erschwertem Abfluß beruht, gibt eine erhaltene Volumenkurve nicht. Eine Annahme erhöhten Zuflusses oder erschwerten Abflusses ist vorstellbar, wenn während eines bestimmten Zeitintervalls, der Zu- und Abstrom für sich bertachtet, gleich bleibt. E. Weber glaubt sicher nachgewiesen zu haben, daß es sich um vermehrten Zustrom handelt und daß die Ursache dieses Vorganges gleichzeitig in verstärkter Herzarbeit und in Erweiterung der Muskelgefäße liegt. Die verstärkte Herzarbeit befördert das Blut aus den Bauchorganen in die Muskeln, und die Erweiterung der Muskelgefäße wird durch die gleichzeitige Erregung des Gefäßzentrums im Gehirn bedingt. Den Austausch zwischen Blut

und Geweben, der durch die Sauerstoffzufuhr zu den Muskeln und durch die Ausspülung der Abbauprodkte gegeben ist, hält er für einen Seitenzweig der Blutbahn.

Der Mangel, der allen plethysmographischen Methoden anhaftet, liegt in der Meßanordnung insofern, als sie keine größere Lageveränderung zuläßt, sodaß das Ein- und Ausströmen des Blutes nur sehr eingeschränkt bestimmt werden kann. Es ist im wesentlichen eine Messung im ruhigen unbeweglichen Zustande der Extremität möglich. Auch der Druck auf die Haut ist relativ groß. Zudem bedarf es einer relativ langen Zeit, um die Anordnung bei Messungen mittels der Plethysmographie abzuändern. Dauert doch bei der exakt durchgeführten Plethysmographie eine Messung etwa eine Stunde. Zudem ist die Messungsmöglichkeit an der plethysmographierten Extremität vor und nach Bewegung nur sehr eingeschränkt vorhanden. Daher sind bei der Plethysmographie in relativ großen Zeitabständen auch nur wenige Untersuchungen möglich. Auch die Einflüsse der umgebenden Temperatur spielen eine Rolle. Bei Abkühlung nimmt das Wasservolumen zu. Der Temperaturkoeffizient kann einen Einfluß haben.

Bei der großen Bedeutung, die einer möglichst exakten Beurteilung des Kreislaufes sowohl in der inneren Medizin als auch in den operativen Disziplinen zukommt, wird es für die klinische Auffassung des Kreislaufsystems vorteilhaft sein, wenn eine Methode anzugeben ist, die einfacher, rascher und zuverlässiger eine ärztlich im Interesse des Kranken verwendbare Vorstellung von der Funktionstüchtigkeit vorwiegend des peripheren und auch des zentralen Kreislaufsystems vermittelt.

LITERATUR-VERZEICHNIS

1. Berichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der königlich sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig 1874, Nr. 26 (Plethymograph von Mosso).
2. Roemer u. Hornicke, Fehlerquellen bei der Plethysmographie, in der Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin, 1925, Nr. 45.
3. Uhlenbruck, Respiratorische Schwankungen bei der Plethysmographie, in der Zeitschrift für Biologie, 1924, Nr. 80.
4. Aetzler und Herbst, Schwankungen aus hydrostatischen Gründen, in Zeitschrift f. d. ges. exp. Medizin, 1923, Nr. 38.
5. E. Weber, Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper, Berlin 1910.
6. H. Straub, Klin. Wochenschrift, 1927, Nr. 6.
7. Zeitschrift für Biologie, 1907, Nr. 50 (Tachograph von Frank).
8. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie.
9. Robert Hans Goetz, Der Fingerplethysmograph als Mittel zur Untersuchung der Regulationsmechanismus in peripheren Gefäßgebieten, in Pflügers Archiv für die ges. Physiologie, 1935, Bd. 235.
10. Goetz, Klinische Wochenschrift, 1935, Nr. 44 (Befunde mit dem Fingerplethysmographen).
11. A. Lehmann, Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände, Leipzig 1899.
12. Medizinische Klinik, 1921, Nr. 17 (O. Bruns u. H. Schmidt).
13. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie, 1924. Bd. 202 (C. Dessecker und W. Steinhausen).
14. Surgery, Obstectrics etc. 1932, Vol. 55 (C. A. Johnson).
15. Zeitschrift für Kreislaufforschung, 1936, Nr. 28 (Ernst Hopf).
16. Arbeitsphysiologie, 1932, Nr. 5 (Atzler u. Lehmann).

LEBENSLAUF

Am 21. Februar 1913 wurde ich in Remscheid geboren. In Wetter a. d. Ruhr besuchte ich die Volksschule und in Hagen (Westf.) die Oberrealschule. Im W.S. 33/34 begann ich das Studium der Medizin in Köln, wo ich das Vorphysikum ablegte. Die drei folgenden Semester bis zum Physikum führten mich nach Freiburg. In meinen klinischen Semestern besuchte ich die Universitäten Kiel, University of St. Andrews in Schottland, wohin ich als Austauschstudent kam, Würzburg und Berlin, wo ich im W.S. 38/39 das Staatsexamen ablegte. Als Medizinalpraktikant gehe ich an die Städtischen Krankenanstalten in Remscheid.